

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-236781

(43)Date of publication of application : 09.09.1997

(51)Int.CI.

G02F 1/01
G02F 1/35
H04B 10/152
H04B 10/142
H04B 10/04
H04B 10/06
H04B 10/28
H04B 10/26
H04B 10/14

(21)Application number : 08-041966

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22)Date of filing : 28.02.1996

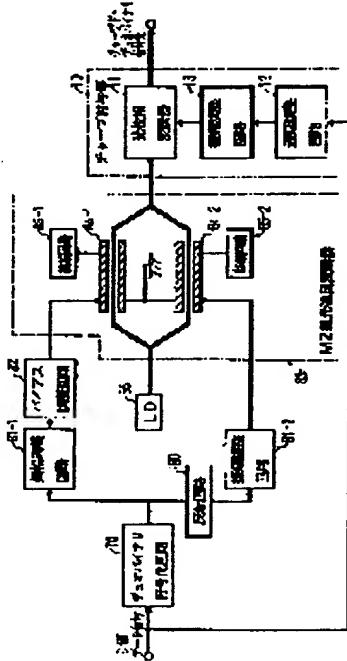
(72)Inventor : YONENAGA KAZUSHIGE
KUWANO SHIGERU
TAKACHIO NOBORU

(54) OPTICAL TRANSMITTER AND OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM USING IT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable transmitting modulation signal light with less deterioration by changing the phase of the modulation signal light outputted from a Mach-Zehender interference device type (MZ type) light intensity modulator according to its intensity.

SOLUTION: A chirp adding part 10 is provided on the output side of the MZ type light intensity modulator 83 as a light phase conversion means changing the phase of the modulation signal light (duo-binary signal light) outputted from the MZ type light intensity modulator 83 according to its intensity. The chirp adding part 10 is constituted of a light phase modulator 11, a delay adjustment circuit 12 inputting a binary data signal and imparting a prescribed delay and an amplitude adjustment circuit 13 adjusting its amplitude and driving the light phase modulator 11, and modulates the phase of the duo-binary signal light in proportion to the binary data. Then, the intensity of the modulation signal light for the central value of the amplitude of the duo-binary signal is minimum, and the phases of the modulation signal light for other binary are inverted to each other, and further, the phase of the modulation signal light is changed continuously according to its intensity.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.10.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-236781

・(43)公開日 平成9年(1997)9月9日

審査請求 未請求 請求項の数10 OL (全 14 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平8-41966
(22)出願日 平成8年(1996)2月28日

(71) 出願人 000004226
日本電信電話株式会社
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 米永 一茂
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 桑野 茂
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 高知尾 昇
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

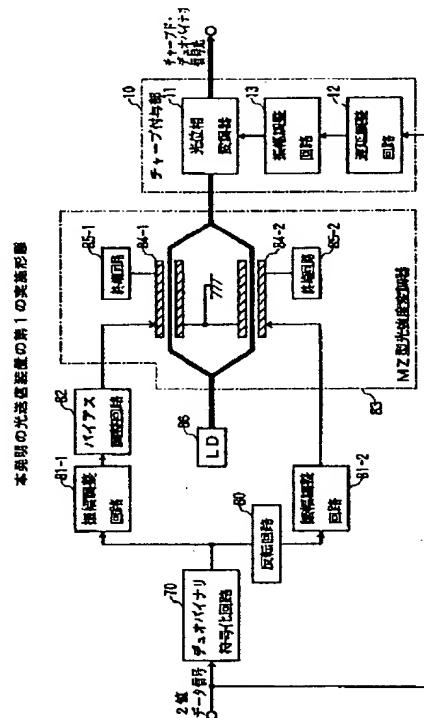
(74) 代理人 弁理士 古谷 史旺

(54) 【発明の名称】 光送信装置およびそれを用いた光伝送システム

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバに大きな信号パワーを入射しても劣化が少ない変調信号光を生成する。

【解決手段】 2値データ信号をデュオバイナリ信号に変換し、このデュオバイナリ信号の振幅の中央値に対する変調信号光の強度が最小であり、デュオバイナリ信号の他の2値に対する変調信号光の強度が最大でかつ変調信号光の位相が互いに反転し、さらに変調信号光の位相をその強度に応じて連続的に変化させる光変調手段を用いる。光変調手段は、符号変換手段と、変調器駆動信号生成手段と、マッハツエンダ干渉計型光強度変調器と、光位相変調手段を用いて構成され、デュオバイナリ信号により変調された変調信号光（デュオバイナリ信号光）の位相をその強度に応じて変化させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光搬送波を出力する光源と、
2値データ信号を入力し、この2値データ信号に応じて前記光搬送波を変調した変調信号光を出力する光変調手段とを備えた光送信装置において、
前記光変調手段は、前記2値データ信号をデュオバイナリ信号に変換し、このデュオバイナリ信号の振幅の中央値に対する変調信号光の強度が最小であり、デュオバイナリ信号の他の2値に対する変調信号光の強度が最大となるように前記一对の変調器駆動信号を設定する光位相変調手段とを備えたことを特徴とする請求項1に記載の光送信装置。

【請求項2】 光変調手段は、
2値データ信号をデュオバイナリ信号に変換する符号変換手段と、
前記デュオバイナリ信号から振幅が等しく位相が反転した一对の変調器駆動信号を生成する変調器駆動信号生成手段と、
前記一对の変調器駆動信号を入力し、2つに分岐された光搬送波の位相をそれぞれ変化させて光強度変調した変調信号光を出力するマッハツェンダ干渉計型光強度変調器と、
前記2値データ信号を入力し、前記光搬送波または前記変調信号光の位相をその2値データ信号に応じて変化させる光位相変調手段とを備えたことを特徴とする請求項1に記載の光送信装置。

【請求項3】 光変調手段は、
2値データ信号をデュオバイナリ信号に変換する符号変換手段と、
前記デュオバイナリ信号から振幅が等しく位相が反転した一对の変調器駆動信号を生成する変調器駆動信号生成手段と、
前記一对の変調器駆動信号を入力し、2つに分岐された光搬送波の位相をそれぞれ変化させて光強度変調した変調信号光を出力するマッハツェンダ干渉計型光強度変調器と、
前記変調信号光の一部を分岐してその光強度を検出し、その光強度に応じて前記変調信号光の位相を変化させる光位相変調手段とを備えたことを特徴とする請求項1に記載の光送信装置。

【請求項4】 光変調手段は、
2値データ信号をデュオバイナリ信号に変換する符号変換手段と、
前記デュオバイナリ信号から振幅が等しく位相が反転した一对の変調器駆動信号を生成する変調器駆動信号生成手段と、
前記一对の変調器駆動信号を入力し、2つに分岐された光搬送波の位相をそれぞれ変化させて光強度変調した変調信号光を出力するマッハツェンダ干渉計型光強度変調器と、

前記一对の変調器駆動信号の中央値だけをシフトさせ、その中央値に対して前記変調信号光の強度が最小となり、他の2値に対して前記変調信号光の強度が最大となるように前記一对の変調器駆動信号を設定する光位相変調手段とを備えたことを特徴とする請求項1に記載の光送信装置。

【請求項5】 光位相変調手段は、
2値データ信号を入力し、その振幅を調整する手段と、前記振幅が調整された2値データ信号を一对の変調器駆動信号にそれぞれ加算する手段とを備えたことを特徴とする請求項4に記載の光送信装置。

【請求項6】 変調変調器駆動信号生成手段および光位相変調手段は、
2値データ信号を入力し、その振幅を調整する手段と、符号変換手段から出力されるデュオバイナリ信号と、前記振幅が調整された2値データ信号とを加算および減算し、振幅が等しく位相が反転しかつ中央値がシフトした一对の変調器駆動信号を生成する手段とを備えたことを特徴とする請求項4に記載の光送信装置。

【請求項7】 光変調手段は、
2値データ信号をデュオバイナリ信号に変換する符号変換手段と、
前記2値データ信号から振幅が異なり位相が反転した一对の変調器駆動信号を生成する変調器駆動信号生成手段と、
前記一对の変調器駆動信号を入力し、2つに分岐された光搬送波の位相をそれぞれ変化させて光強度変調し、かつ変調信号光に対してその強度に応じた位相変化を与えるマッハツェンダ干渉計型光強度変調器と、
前記デュオバイナリ信号を入力し、その最大値と最小値に対して前記光搬送波または前記変調信号光の位相を反転させる光位相変調手段とを備えたことを特徴とする請求項1に記載の光送信装置。

【請求項8】 光搬送波の波長値が、変調信号光が送出される光ファイバの零分散波長値より大きいことを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載の光送信装置。

【請求項9】 請求項1～8のいずれかに記載の光送信装置と、
前記光送信装置から出力された変調信号光を受信し復調する光受信装置と、
前記光送信装置と前記光受信装置とを結合する光伝送路とを備えたことを特徴とする光伝送システム。

【請求項10】 光受信装置は、光直接検波を行う構成であることを特徴とする請求項9に記載の光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、伝送距離の長距離化、伝送速度の高速化に対応する光送信装置およびそれを用いた光伝送システムに関する。

【0002】

【従来の技術】光伝送システムでは、強度変調—直接検波方式（以下「IM-DD方式」という。）が最も簡単な伝送方式である。波長分散が大きい光ファイバ（既設の $1.3\text{ }\mu\text{m}$ 零分散ファイバ）を伝送路として用いる光伝送系では、伝送距離や伝送速度が波長分散によって大きく制限される。この波長分散による信号劣化は信号のスペクトル広がりに依存している。そこで、半導体レーザの直接変調の代わりに、マッハツエンダ干渉計型（以下「MZ型」という。）の光強度変調器を外部変調器として用いることにより、信号スペクトルの過剰な広がりを抑圧でき伝送距離を延ばすことができる。なお、MZ型光強度変調器は、 LiNbO_3 や半導体を用いて作製される。しかし、 10Gb/s 以上の高速光伝送では、光信号自体のスペクトル広がりのために、MZ型光強度変調器を用いたとしても波長分散により伝送距離が数十km程度に制限される。

【0003】この波長分散による限界を克服する手段として、デュオバイナリ信号光を用いた光伝送方式が提案されている（K. Yonenaga et al., Electron. Lett., vol. 31, pp. 302-304, 1995）。図11は、従来の光デュオバイナリ伝送システムの構成例を示す。図において、伝送すべき2値データ信号は、デュオバイナリ符号化回路70で3値のデュオバイナリ信号に変換される。このデュオバイナリ信号は2分岐され、その一方の経路に挿入された反転回路80により反転信号と非反転信号になり、振幅調整回路81-1, 81-2およびバイアス調整回路82を介して、それぞれMZ型光強度変調器83の電極84-1, 84-2に印加される。電極84-1, 84-2の他端には終端回路85-1, 85-2が接続される。

【0004】半導体レーザ（LD）86の出力光は、この互いに位相が反転した2つのデュオバイナリ信号に応じて強度変調され、その変調信号光が光ファイバ伝送路87に送出される。このとき、デュオバイナリ信号の3つの信号点を、図12に示すようにMZ型光強度変調器の隣接する最大透過率の点A、最小透過率の点B、最大透過率の点Cに対応させて変調し、デュオバイナリ信号光を生成する。なお、点Aと点Cではともに変調信号光の強度が最大となるが、位相が反転する。

【0005】光ファイバ伝送路87から出力された変調信号光は光検波回路88で直接検波され、その検波信号を識別器89で識別し、反転回路90で論理反転することにより2値データ信号が復調される。デュオバイナリ符号は帯域圧縮符号の一種であり、その占有帯域は通常の2値信号の約半分に圧縮される。従って、デュオバイナリ信号光は2値強度変調信号光に比べて光ファイバの波長分散に対して大きな耐性をもつ（S. Kuwano et al., Electron. Lett., vol. 31, pp. 1359-1361, 1995）。また、このように変調して得られたデュオバイナリ信号光

はキャリア周波数成分が押圧されているので、光ファイバでの誘導ブリルアン散乱（以下「SBS」という。）が起こりにくく、さらに大きなパワーを光ファイバに入射できる（米永 他、1995年信学会通信ソサイエティ大会、B-773, 1995）。

【0006】また、波長分散による信号劣化を軽減する手段としてプリチャーブ技術がある（N. Henmi et al., IEEE J. Lightwave Technol., vol. 12, pp. 1706-1719, 1994）。これは、変調信号光にその光強度に応じた周波数変調を施し、波長分散によりパルス圧縮を起こせるものである。このプリチャーブは、直接変調の場合には光源の周波数を直接変化させることにより実現でき、外部変調の場合には2電極駆動のMZ型光強度変調器を用いることにより実現できる。

【0007】図13は、MZ型光強度変調器を用いた従来の光プリチャーブ伝送システムの構成例を示す。図において、伝送すべき2値データ信号は2分岐され、その一方の経路に挿入された反転回路80により反転信号と非反転信号になり、振幅調整回路81-1, 81-2およびバイアス調整回路82を介して、それぞれMZ型光強度変調器83の電極84-1, 84-2に印加される。電極84-1, 84-2の他端には終端回路85-1, 85-2が接続される。振幅調整回路81-1, 81-2は、MZ型光強度変調器83を駆動する2つの変調器駆動信号 $V_1(t)$, $V_2(t)$ の振幅が異なるよう設定してチャーブを与える。半導体レーザ（LD）86の出力光は、この2つの変調器駆動信号に応じて光強度変調され、その変調信号光が光ファイバ伝送路87に送出される。光ファイバ伝送路87から出力される変調信号光は光検波回路88で直接検波され、その検波信号を識別器89で識別することにより2値データ信号が復調される。

【0008】図14は、従来の光プリチャーブ伝送システムにおける変調器駆動信号と変調信号光の振幅および位相を示す。チャーブの程度を表すチャーブパラメータ α は、

【0009】

【数1】

$$\alpha = \frac{\frac{d\phi}{dt}}{\frac{1}{2I} \cdot \frac{dI}{dt}}$$

で表される。ここで、 ϕ は光位相、 I は光強度を示す。

【0010】この値は一般に光強度 I に依存するので、光強度 I がピークの半分のときの α をもってチャーブパラメータと定義する。例えば、光ファイバ伝送路として $1.3\text{ }\mu\text{m}$ 零分散ファイバを用いて $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 帯の光信号を伝送する場合に、負のチャーブ（ $\alpha < 0$ ）を与えられた信号は、波長分散によりパルスの先端ほど遅く、尾端ほど早く光ファイバ中を進行するのでパルス圧縮が起こ

る。プリチャーブ技術では、このパルス圧縮効果により波長分散によって制限される伝送限界を拡大させることができる。

【0011】図15は、従来の光伝送システムの波長分散のみによる伝送特性を示す。ここでは、IM-DD方式、プリチャーブを用いたIM-DD方式、光デュオバイナリ方式における伝送距離とアイ開口劣化の関係を示す。ビットレートは10Gb/s、分散値は17ps/km/nmである。IM-DD方式は変調帯域を6GHzとし、プリチャーブはチャーブパラメータ α を-0.8とした。デュオバイナリ信号は理想的なデュオバイナリフィルタで生成されたものとした。

【0012】図に示すように、プリチャーブを用いたIM-DD方式および光デュオバイナリ方式は伝送特性の改善がみられるが、100km以上の長距離伝送では光デュオバイナリ方式が有利であることがわかる。さらに、長距離無中継伝送では光ファイバに大きなパワーを入射しなければならないので、SBSの起きにくい光デュオバイナリ方式が有利と考えられる。実際に、デュオバイナリ信号光は $1.3\mu m$ 零分散ファイバで200km以上の無中継伝送が可能であり、10Gb/sで210kmの無中継伝送実験が報告されている(A. J. Price et al., IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 7, pp. 1219-1221, 1995)。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】長距離の無中継伝送を行うには、光ファイバに大きな信号パワーを入射しなければならない。しかし、2値強度変調信号光は特に対策を施さない限り、SBSによるファイバ入力パワー制限を受け+10dBm程度が上限であった。また、光デュオバイナリ方式は、光ファイバに大きな信号パワーを入射することができるが、光ファイバの非線形屈折率による自己位相変調(以下「SPM」という。)効果による信号劣化により伝送距離が制限される。

【0014】図16は、従来の光デュオバイナリ伝送システムの伝送特性を示す。10Gb/sデュオバイナリ信号光を伝送させたときに、ファイバ入力パワーが0dBmのときに比べて+14dBmのときの劣化が大きいのは、SPMによって信号スペクトルが広がったことによるものである。このようにデュオバイナリ信号光を用いても、光ファイバに大きな信号パワーを入射するとSPMによって伝送距離が制限されてしまう。なお、これは送信装置と受信装置との間の光伝送路に光ファイバ増幅器や半導体光増幅器を挿入する光中継系においても同様のことと言える。

【0015】本発明は、光ファイバに大きな信号パワーを入射しても劣化が少ない変調信号光を送信できる光送信装置を提供することを目的とする。また、本発明の光送信装置を用いることにより伝送距離の長距離化、伝送速度の高速化を図ることができる光伝送システムを提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の光送信装置は、2値データ信号をデュオバイナリ信号に変換し、このデュオバイナリ信号の振幅の中央値に対する変調信号光の強度が最小であり、デュオバイナリ信号の他の2値に対する変調信号光の強度が最大かつ変調信号光の位相が互いに反転し、さらに変調信号光の位相をその強度に応じて連続的に変化させる光変調手段を用いる(請求項1)。

【0017】光変調手段は、符号変換手段と、変調器駆動信号生成手段と、マッハツエンダ干渉計型光強度変調器と、光位相変調手段を用いて構成され、デュオバイナリ信号により変調された変調信号光(デュオバイナリ信号光)の位相をその強度に応じて変化させる(請求項2, 3)。光位相変調手段は、マッハツエンダ干渉計型光強度変調器に与えられる一对の変調器駆動信号(デュオバイナリ信号)の振幅の中央値をシフトさせる構成でもよい(請求項4, 5, 6)。

【0018】光位相変調手段は、チャーブを与えた変調信号光を生成し、その位相をデュオバイナリ信号の最大値と最小値に対して反転させ、チャーブを与えたデュオバイナリ信号光を生成する構成でもよい(請求項7)。このように、波長分散、SBSに強いデュオバイナリ信号光がその強度に依存した位相変化(チャーブ)を付与されることにより、光ファイバに大きなパワーを入射したときに制限要因となるSPMの影響を軽減することができる。

【0019】本発明の光伝送システムは、このようなデュオバイナリ信号光にチャーブを与える光送信装置を用いて構成される。なお、光搬送波の波長値を光ファイバ伝送路の零分散波長値より大きく設定することにより、プリチャーブの効果を高めることができる。

【0020】

【発明の実施の形態】

(光送信装置の第1の実施形態)図1は、本発明の光送信装置の第1の実施形態を示す(請求項1, 2)。図において、光源となる半導体レーザ(LD)86、符号変換手段となるデュオバイナリ符号化回路70、光強度変調手段となる反転回路80、振幅調整回路81、バイアス調整回路82、MZ型光強度変調器83(電極84、終端回路85)は、図11に示す従来の光デュオバイナリ伝送システムの送信部と同様である。

【0021】本実施形態の特徴は、MZ型光強度変調器83から出力された変調信号光(デュオバイナリ信号光)の位相をその強度に応じて変化させる光位相変調手段として、MZ型光強度変調器83の出力側にチャーブ付与部10を備えたところにある。チャーブ付与部10は、光位相変調器11と、2値データ信号を入力して所定の遅延を与える遅延調整回路12と、その振幅を調整して光位相変調器11を駆動する振幅調整回路13とに

より構成され、2値データ信号に比例してデュオバイナリ信号光の位相を変調する。なお、光位相変調器11には、LiNbO₃等による電気光学効果を利用する変調器、半導体レーザ増幅器、電界吸収型光変調器、その他を用いることができる。

【0022】図2は、デュオバイナリ符号化回路70の構成例を示す。(a)のデュオバイナリ符号化回路70は、2値データ信号を差動符号化する1ビット遅延器(T)71および排他的論理回路(EXOR)72と、その中間系列から3値のデュオバイナリ信号を生成する1ビット遅延器(T)73および加算器74により構成される。

【0023】(b)のデュオバイナリ符号化回路70は、(a)の加算器74の出力段に低域通過フィルタ75を備えた構成である。(c)のデュオバイナリ符号化回路70は、1ビット遅延器(T)71および排他的論理回路(EXOR)72と、デュオバイナリ信号生成用低域通過フィルタ76により構成される。このフィルタの伝達関数は、

$$H(fT) = \cos(\pi fT) \quad |fT| \leq 1/2$$

$$H(fT) = 0 \quad |fT| > 1/2$$

で与えられる。ここで、fは周波数、Tは1ビット時間幅であり、fTはビットレートで正規化した周波数を表す。その透過率特性を図3に示す。実際には近似的にこの特性が実現される。

【0024】デュオバイナリ信号光は“オン”と“オフ”的2つの強度レベルをもっている。したがって、光ファイバに大きな信号パワーで入射すると、一般的な2値強度変調信号光と同様に、光ファイバの非線形屈折率により発生するS.P.M.によって信号スペクトルが過剰に広がる。このスペクトル広がりは、波長分散による信号劣化を増長し、伝送距離を制限する要因となる。そこで、S.P.M.の影響を低減するために、デュオバイナリ信号光の位相をその光強度に応じて変調し、チャーブを与える。チャーブ付与部10では、デュオバイナリ符号化前の2値データ信号を用いて光位相変調器11を駆動し、デュオバイナリ信号光に位相変調を与える。デュオバイナリ信号光の“オン”と“オフ”は、変換前の2値データ信号の“スペース”と“マーク”にそれぞれ対応するので、デュオバイナリ信号光の強度に応じた位相変調を行うことができる。このようにして生成されたチャーブを有するデュオバイナリ信号光（以下「チャーブド・デュオバイナリ信号光」という。）が光ファイバ伝送路に送出される。

【0025】図4は、第1の実施形態におけるチャーブ付与部10の他の構成例を示す（請求項3）。本構成では、光カブト14でデュオバイナリ信号光の一部を分岐し、光検波回路15でデュオバイナリ信号光を直接検波して光強度を検出する。光位相変調器11は、遅延調整回路12および振幅調整回路13を介して入力されるデ

ュオバイナリ信号光の強度に応じて、光カブト14を通過したデュオバイナリ信号光の位相を変調して出力する。

【0026】以上示した第1の実施形態では、MZ型光強度変調器83から出力されたデュオバイナリ信号光がチャーブ付与部10に入力されて位相変調される構成であるが、MZ型光強度変調器83の前段にチャーブ付与部10を備え、搬送波を位相変調してMZ型光強度変調器83に入力する構成でもよい。このような構成でも、デュオバイナリ信号光の位相をその強度に応じて変化させたチャーブド・デュオバイナリ信号光を生成することができる。

【0027】（光送信装置の第2の実施形態）図5は、本発明の光送信装置の第2の実施形態を示す（請求項1, 4, 5）。図において、光源となる半導体レーザ86、符号変換手段となるデュオバイナリ符号化回路70、光強度変調手段となる反転回路80、振幅調整回路81、バイアス調整回路82、MZ型光強度変調器83（電極84、終端回路85）は、図1に示す第1の実施形態と同様である。

【0028】本実施形態の特徴は、MZ型光強度変調器83から出力された変調信号光の位相をその強度に応じて変化させ、チャーブド・デュオバイナリ信号光を生成する光位相変調手段として、2値データ信号に応じてMZ型光強度変調器83の変調器駆動信号の振幅を調整する手段を備えたところにある。その手段は、2値データ信号の振幅を α_0 倍する振幅調整回路21と、デュオバイナリ符号化回路70から出力されるデュオバイナリ信号と振幅調整回路21の出力を加算する加算器22と、反転回路80から出力される符号反転したデュオバイナリ信号と振幅調整回路21の出力を加算する加算器23とにより構成され、2値データ信号に比例してデュオバイナリ信号光の位相を変調する。

【0029】図6は、第2の実施形態における変調器駆動信号の生成過程を示す。MZ型光強度変調器83の電極84-1に印加する変調器駆動信号1（V₁(t)）は、デュオバイナリ信号（d(t)）と、振幅が α_0 倍された2値データ信号（ $\alpha_0 s(t)$ ）を加算することにより得られる。MZ型光強度変調器83の電極84-2に印加する変調器駆動信号2（V₂(t)）は、符号反転したデュオバイナリ信号（d(t)）と、振幅が α_0 倍された2値データ信号（ $\alpha_0 s(t)$ ）を加算することにより得られる。 α_0 は、正負いずれかの値をとり、その符号によりチャーブの向きが決まり、その絶対値によりチャーブの大きさが決まる。なお、図5において、反転回路80と加算器23を1つの減算器に置き替えることができる（請求項6）。

【0030】この変調器駆動信号1, 2は、光デュオバイナリ変調と同時にチャーブの付与を行つために、上下非対称の3値信号になっている。バイアス電圧は、2つ

の信号がともに中央値（最大値と最小値の中間値ではなく、図6に示す $\alpha_0 V/2$ ）の時に、変調信号光の強度が最小になるように加えられる。図7は、第2の実施形態における変調器駆動信号と変調信号光の振幅および位相を示す。3値の変調器駆動信号の中央値に対する変調信号光の強度が最小であり、他の2値に対する変調信号光の強度が最大かつ位相が互いに反転するように変調される。ここで、変調信号光の振幅は、位相反転させたものを正負の符号で表している。すなわち、正の振幅と負の振幅は互いに位相反転したものであり、光デュオバイナリ変調が正しく行われていることがわかる。変調信号光の位相は、変調信号光の強度に応じて連続的に変化していることがわかる。

【0031】（光送信装置の第3の実施形態）図8は、本発明の光送信装置の第2の実施形態を示す（請求項1, 7）。図において、光源となる半導体レーザ86、光強度変調手段となる反転回路80、2つの変調器駆動信号 $V_1(t)$, $V_2(t)$ の振幅が異なるように設定する振幅調整回路81-1, 81-2、バイアス回路82、MZ型光強度変調器83（電極84、終端回路85）は、図13に示す従来の光プリチャーブ伝送システムの送信部と同様である。2つの変調器駆動信号の振幅が異なることにより変調信号光にチャーブが付与され、その振幅の差に応じてチャーブの大きさを変化させることができる（A. H. Gnauck et al., IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 1, 3, pp. 916-918, 1991）。

【0032】本実施形態の特徴は、MZ型光強度変調器83から出力された変調信号光に対して光デュオバイナリ変調に必要な位相変化を与える光位相変調器11を備えたところにある。光位相変調器11は、デュオバイナリ符号化回路70で2値データ信号から生成されたデュオバイナリ信号により駆動され、デュオバイナリ信号の最大と最小に対応する変調信号光の“オン”の光位相が互いに反転するように位相変調する。遅延調整回路12と振幅調整回路13は、デュオバイナリ信号の遅延量と振幅を調整して光位相変調器11を駆動する。本構成によっても、第1と同様のチャーブド・デュオバイナリ信号光を生成することができる。

【0033】以上示した第3の実施形態では、MZ型光強度変調器83から出力された変調信号光が光位相変調器11に入力されてチャーブド・デュオバイナリ信号光に変換される構成であるが、MZ型光強度変調器83の前段に光位相変調器11を備え、搬送波を位相変調してMZ型光強度変調器83に入力する構成でもよい。このような構成でも、デュオバイナリ信号光の位相をその強度に応じて変化させたチャーブド・デュオバイナリ信号光を生成することができる。

【0034】（光伝送システムの実施形態）図9は、本発明の光伝送システムの実施形態を示す（請求項10）。図において、光送信装置31は、図1, 5, 8に

示したような光送信装置を用いてチャーブド・デュオバイナリ信号光を生成し、光ファイバ伝送路32に送出する。光受信装置33は、チャーブド・デュオバイナリ信号光を光検波回路88で直接検波し、その検波信号を識別器89で識別し、反転回路90で論理反転することにより2値データ信号を復調する。

【0035】

【実施例】図10は、本発明の光伝送システムと従来の光デュオバイナリ伝送システムの伝送特性を示す。チャーブド・デュオバイナリ信号光のチャーブパラメータ α は+1.4とした。ビットレートは10Gb/s、ファイバ入射パワーは+14dBm、ファイバ損失は0.2dB/kmである。150kmを越えるような長距離伝送においては、チャーブド・デュオバイナリ信号光の方が優れており、アイ開口劣化3dBを許容できる範囲では従来のデュオバイナリ信号光に比べて伝送距離を約50km延ばすことができる。

【0036】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光送信装置およびそれを用いた光伝送システムは、チャーブド・デュオバイナリ信号光を生成することによりSPMによる劣化が軽減される。したがって、1.3零分散ファイバのように比較的分散値の大きな光ファイバを伝送路として用いる光伝送系において、伝送距離の長距離化および伝送速度の高速化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光送信装置の第1の実施形態を示すブロック図。

【図2】デュオバイナリ符号化回路70の構成例を示すブロック図。

【図3】デュオバイナリ信号生成用低域通過フィルタ76の透過率特性を示す図。

【図4】第1の実施形態におけるチャーブ付与部10の他の構成例を示すブロック図。

【図5】本発明の光送信装置の第2の実施形態を示すブロック図。

【図6】第2の実施形態における変調器駆動信号の生成過程を説明する図。

【図7】第2の実施形態における変調器駆動信号と変調信号光の振幅および位相を示す図。

【図8】本発明の光送信装置の第3の実施形態を示すブロック図。

【図9】本発明の光伝送システムの構成例を示すブロック図。

【図10】本発明の光伝送システムと従来の光デュオバイナリ伝送システムの伝送特性を示す図。

【図11】従来の光デュオバイナリ伝送システムの構成例を示す図。

【図12】従来の光デュオバイナリ伝送システムにおけるMZ型光強度変調器の動作を説明する図。

【図13】MZ型光強度変調器を用いた従来の光プリチャーブ伝送システムの構成例を示す図。

【図14】従来の光プリチャーブ伝送システムにおける変調器駆動信号と変調信号光の振幅および位相を示す図。

【図15】従来の光伝送システムの波長分散のみによる伝送特性を示す図。

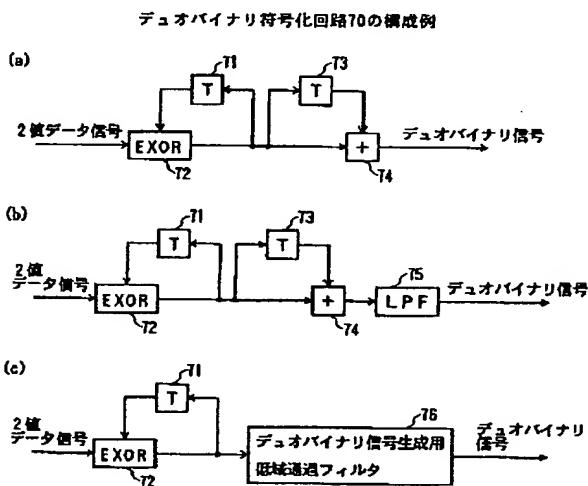
【図16】従来の光デュオバイナリ伝送システムの伝送特性を示す図。

【符号の説明】

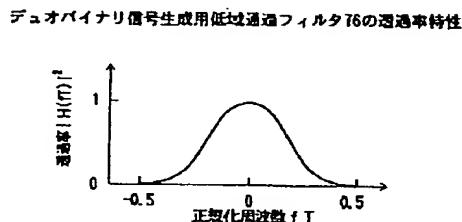
- 1 0 チャーブ付与部
- 1 1 光位相変調器
- 1 2 遅延調整回路
- 1 3, 2 1 振幅調整回路
- 1 4 光カプラ
- 1 5 光検波回路
- 1 6, 7 5 低域通過フィルタ (L P F)
- 2 2, 2 3 加算器

- 3 1 光送信装置
- 3 2, 8 7 光ファイバ伝送路
- 3 3 光受信装置
- 7 0 デュオバイナリ符号化回路
- 7 1, 7 3 1ビット遅延器 (T)
- 7 2 排他的論理和回路 (E X O R)
- 7 4 加算器
- 7 6 デュオバイナリ信号生成用低域通過フィルタ
- 8 0 反転回路
- 8 1 振幅調整回路
- 8 2 バイアス調整回路
- 8 3 M Z 型光強度変調器
- 8 4 電極
- 8 5 終端回路
- 8 6 半導体レーザ (L D)
- 8 8 光検波回路
- 8 9 識別器
- 9 0 反転回路

【図2】

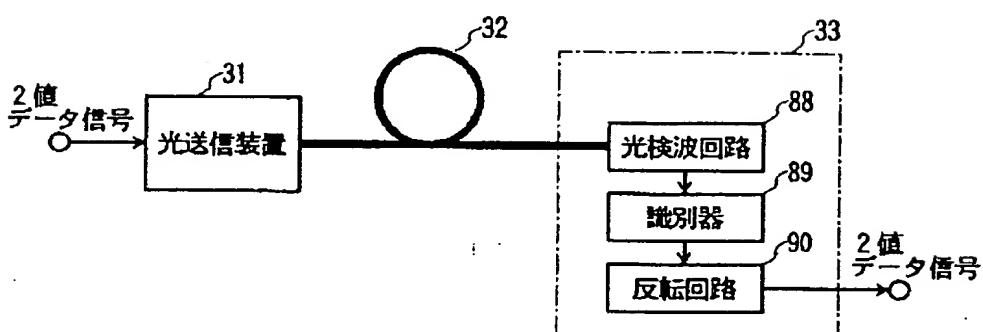


【図3】



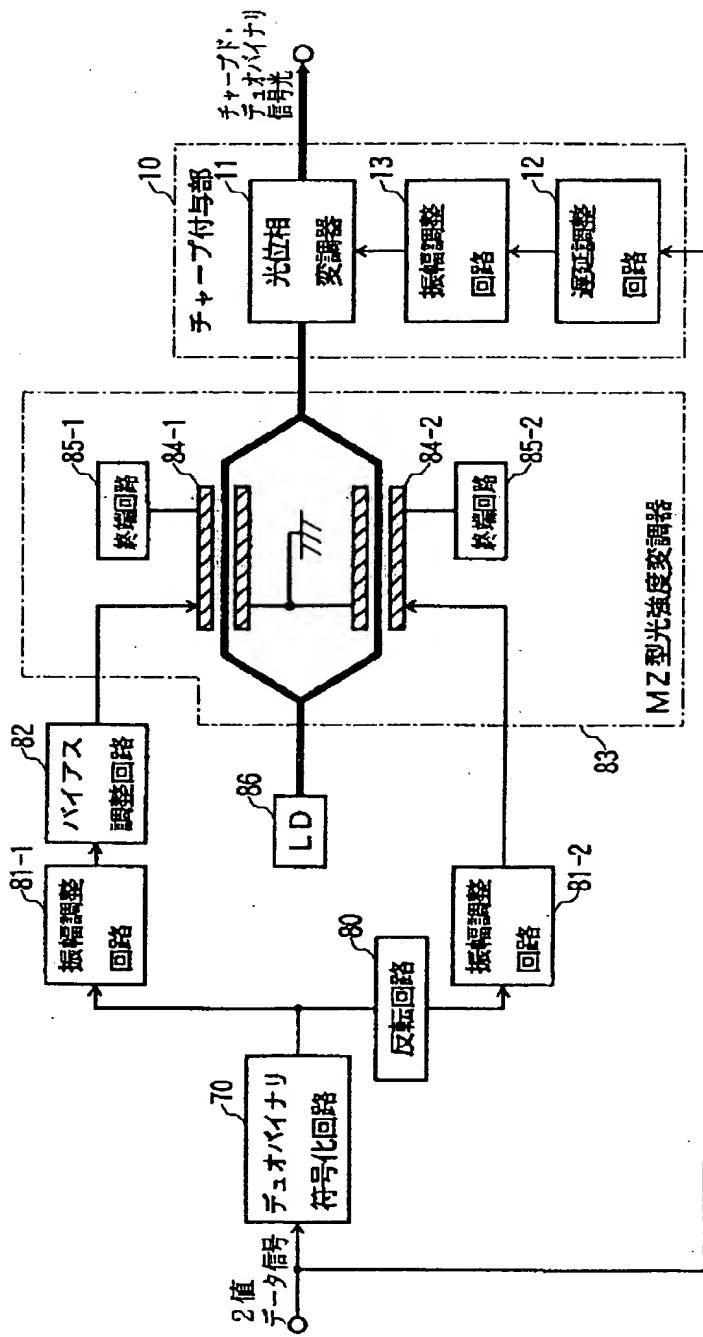
【図9】

本発明の光伝送システムの実施形態



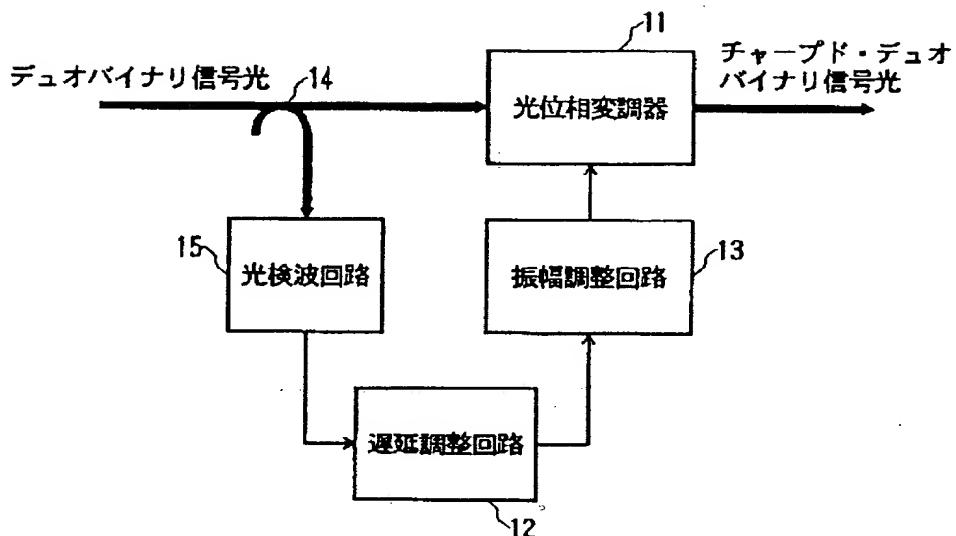
【図 1】

本発明の光送信装置の第 1 の実施形態



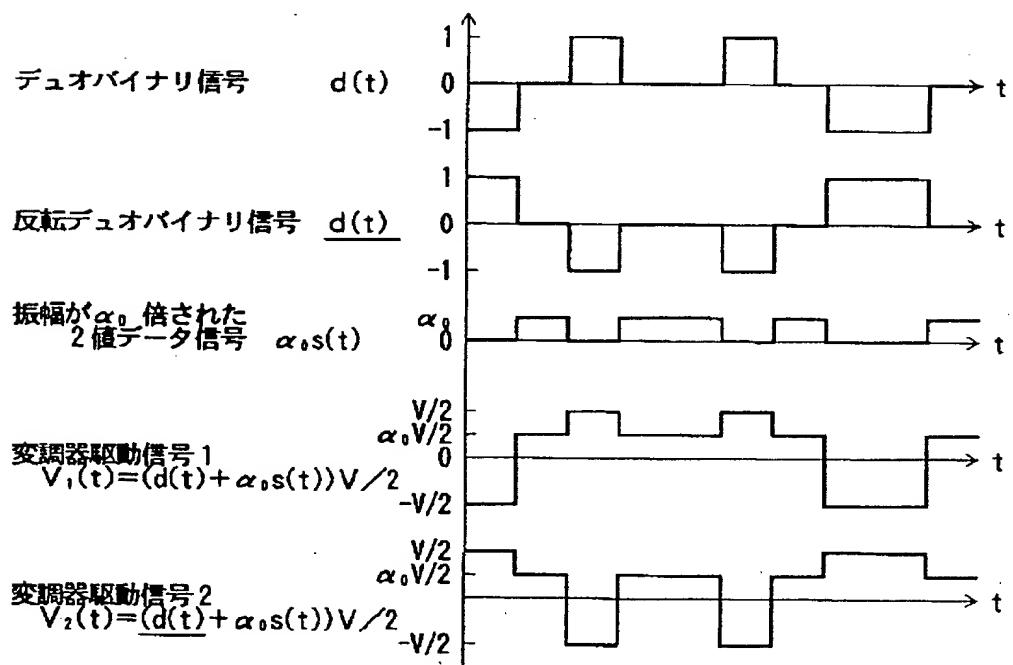
【図4】

第1の実施形態におけるチャーブ付与部10の他の構成例



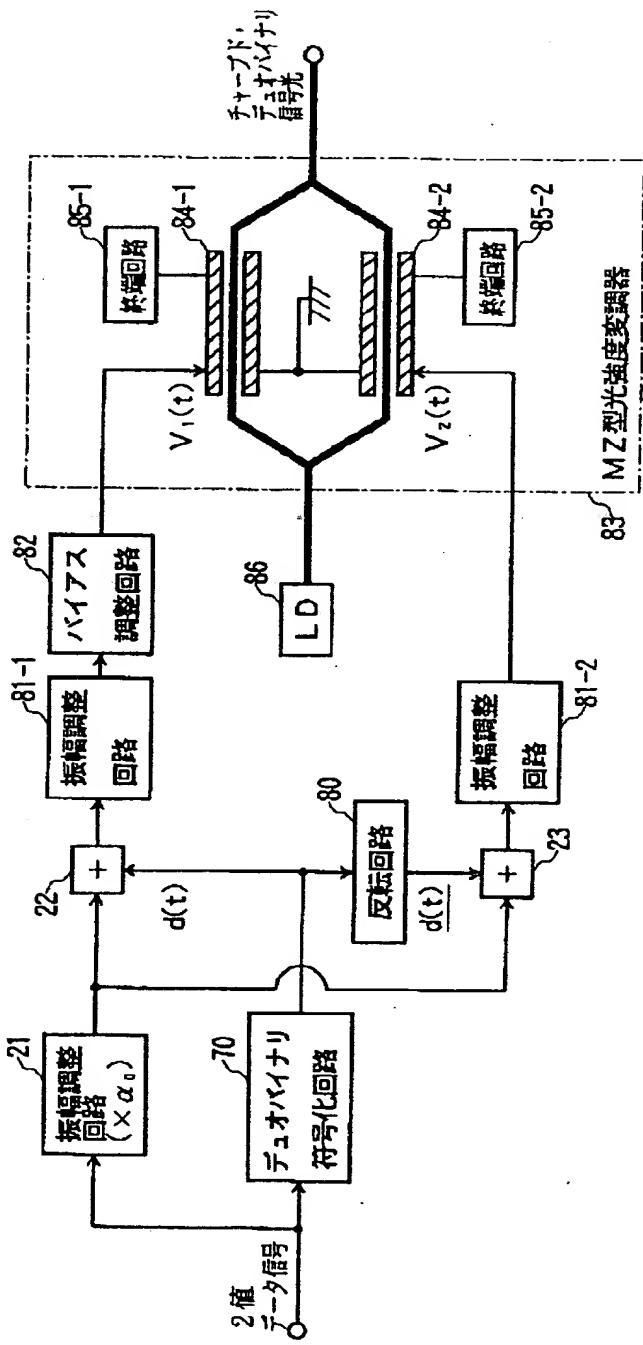
【図6】

第2の実施形態における変調器駆動信号の生成過程



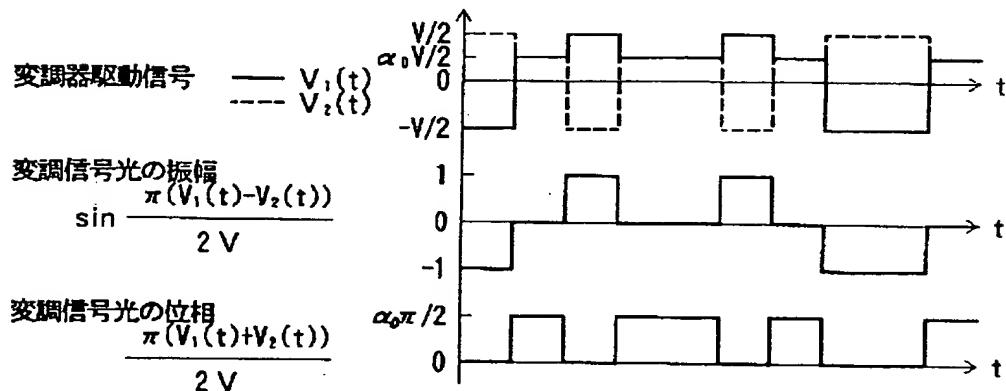
【図5】

本発明の光送信装置の第2の実施形態



【図7】

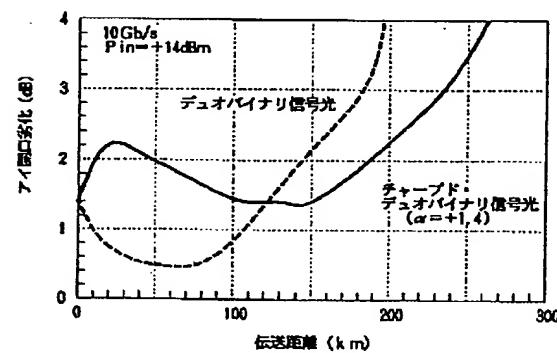
第2の実施形態における変調器駆動信号と変調信号光の振幅および位相



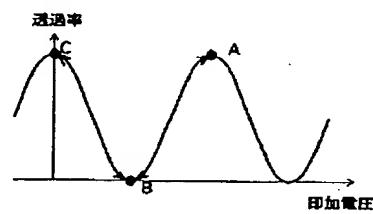
【図10】

【図12】

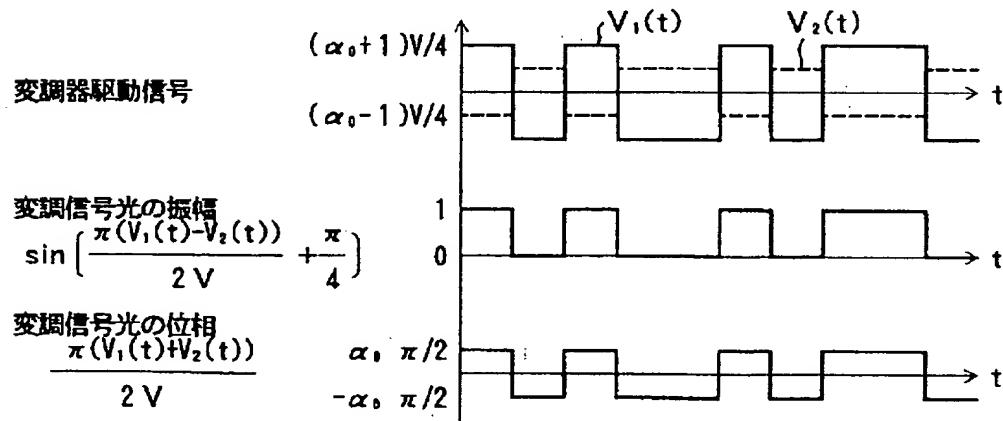
本発明の光伝送システムと従来の光デュオバイナリ伝送システムの伝送特性



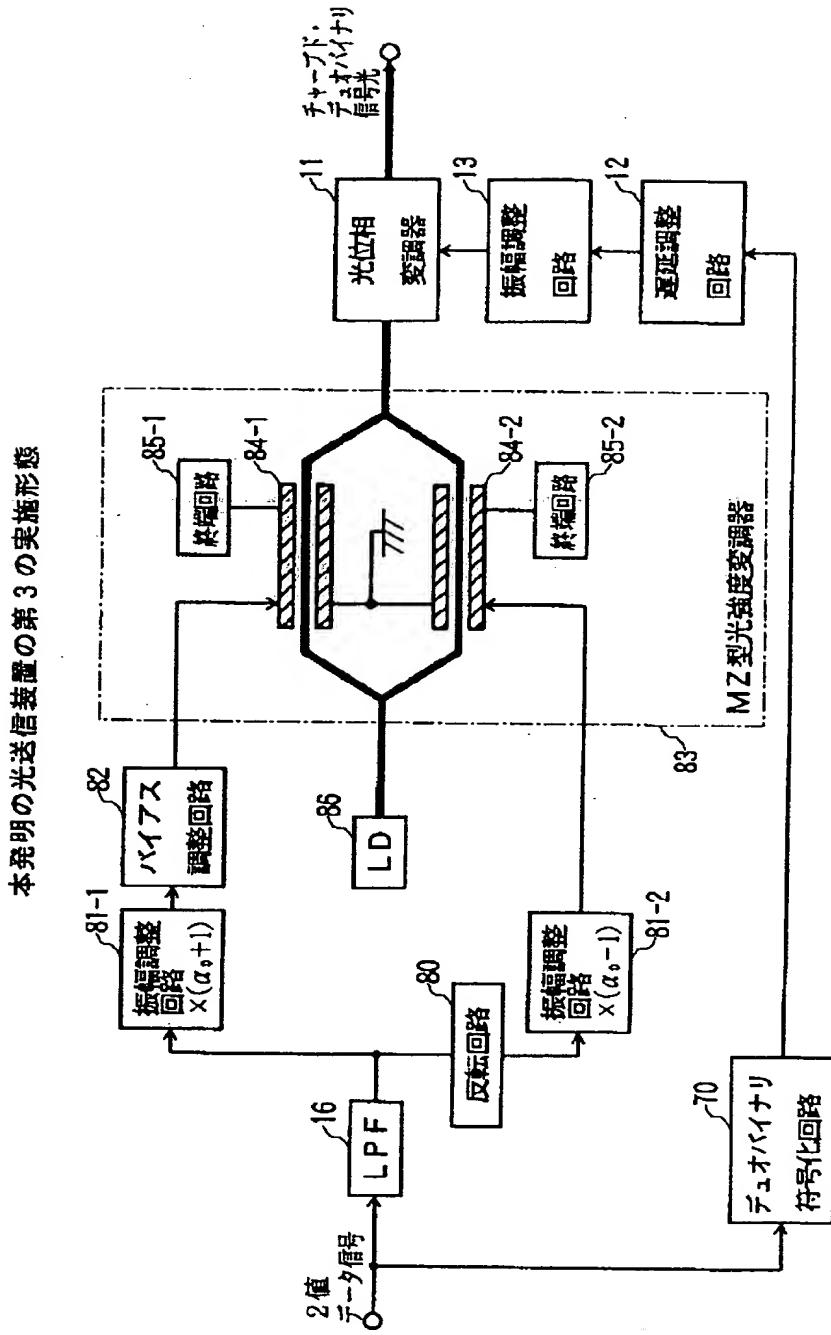
従来の光デュオバイナリ伝送システムにおけるMZ型光速度変調器の動作



【図14】

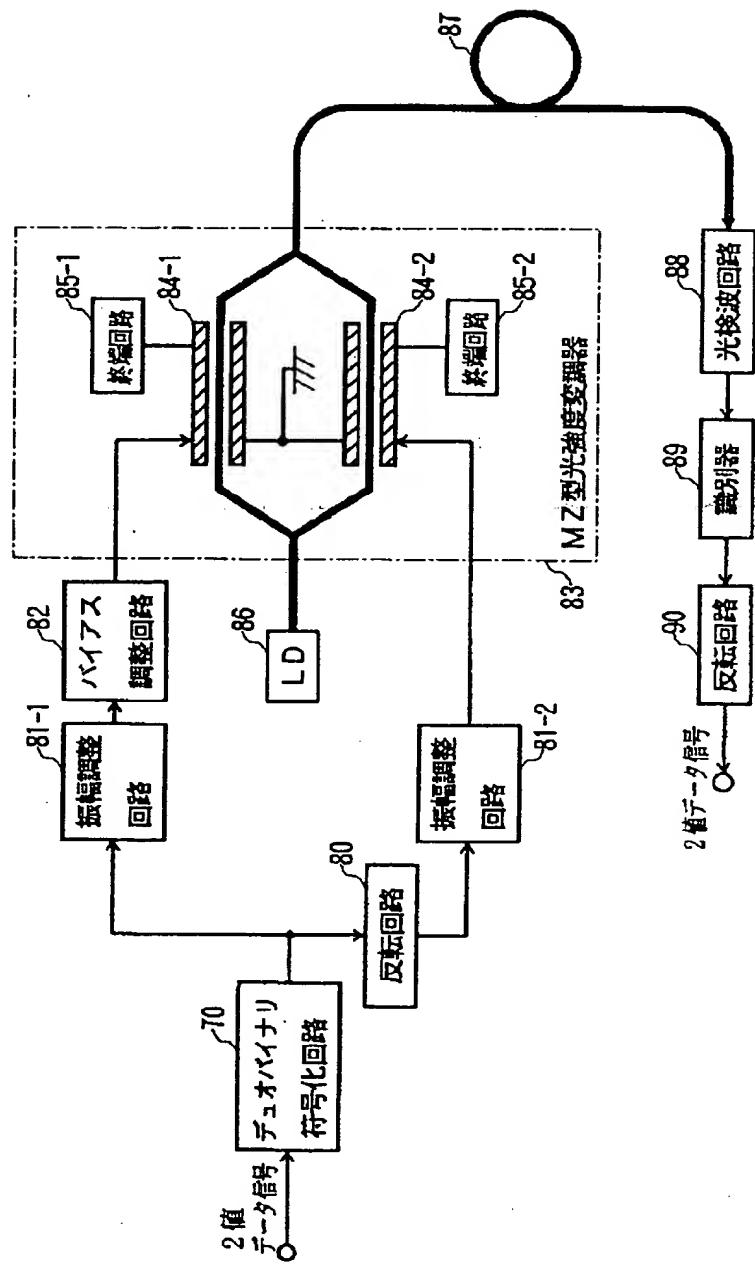
従来の光プリチャーブ伝送システムにおける
変調器駆動信号と変調信号光の振幅および位相

[図 8]



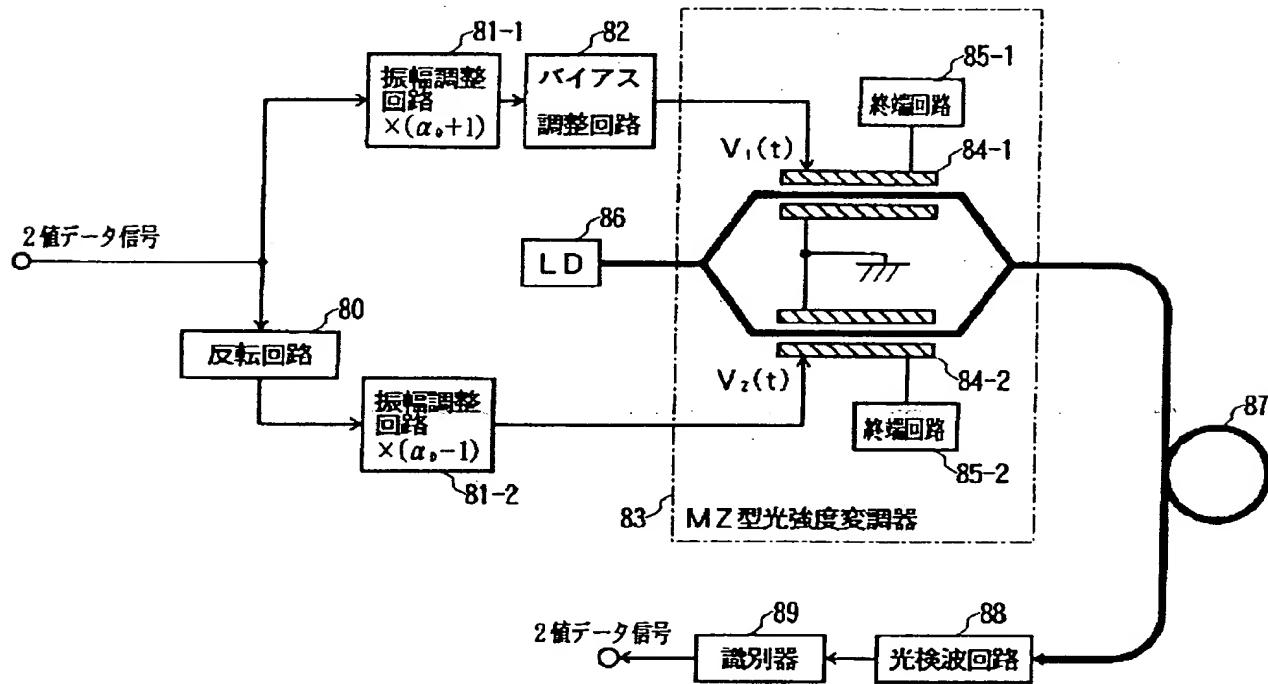
【図11】

従来の光デュオバイナリ伝送システムの構成例



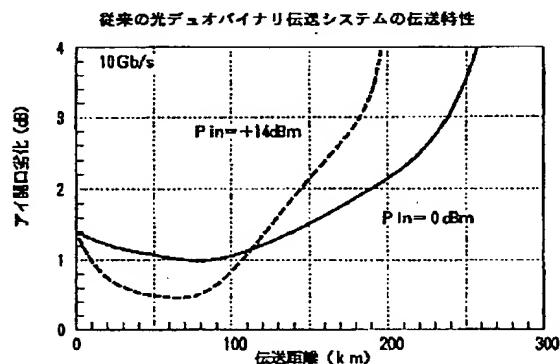
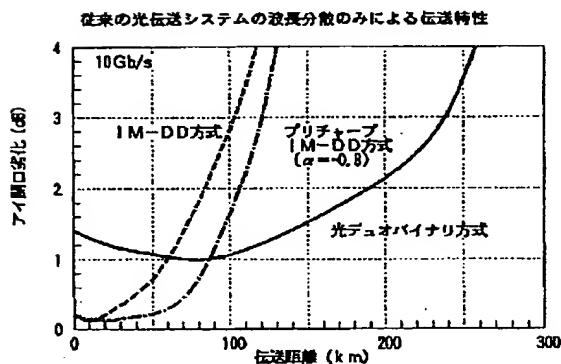
【図13】

MZ型光強度変調器を用いた従来の光プリチャーブ伝送システムの構成例



【図15】

【図16】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 4 B 10/06
10/28
10/26
10/14